© Е.П. Брагин, 2007

УДК 622.272

Е.П. Брагин

ОСНОВНЫЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ, ПОВЫШАЮЩИЕ УСТОЙЧИВОСТЬ ПЛАСТА И ПОРОД В КОМПЛЕКСНО-МЕХАНИЗИРОВАННЫХ ОЧИСТНЫХ ЗАБОЯХ

Семинар № 15

Анализ развития подземного способа добычи угля свидетельствует о том, что несмотря на постоянное совершенствование техники и технологии подземных работ, применение комплексной механизации, средств и систем автоматизированного управления, экономические показатели очистных забоев повышаются медленно. Значительны простои очистных забоев, из-за нарушений нормального хода производства. Проявления отжима угля, обрушения пород кровли продолжают оказывать негативное влияние на все производственные результаты.

Существенная особенность подземной разработки угольных месторождений — постоянное воздействие горного давления в условиях взаимодействия технологии, как совокупности процессов, и условий, как сложной вероятностной системы [1]. При этом под горным давлением принято понимать вертикальные и горизонтальные напряжения в массиве, по величине в естественных условиях пропорциональные глубине работ (рис. 1). Вблизи выработок может происходить перераспределение напряжений.

Наиболее общей формой проявлений горного давления, как известно, является **деформирование горных пород,** которое приводит к потере ими устойчивости, формированию значительных нагрузок на крепь. Рассчитанные с учетом проявлений горного давления деформации позволяют оценить устойчивость пород, возможность наступления предельных состояний.

Технологические процессы в очистных комплексно-механизированных забоях оказывают определяющее влияние на формирование деформированного состояния пласта и вмещающих пород. Существенное влияние на деформацию угольного забоя оказывают процессы выемки стружки, разгрузки, передвижки и распора секций механизированных крепей (рис. 2).

Основными научными направлениями принятия оптимальных технологических решений, как было показано ранее [2], могут стать:

— компьютерное моделирование горной среды;

— компьютерное моделирование технологических процессов и их взаимодействия с горной средой;

— компьютерное моделирование динамики горных работ.

Использование современных методов исследования, компьютерного моделирования технологических процессов в очистном забое и имеющихся программ позволяет обеспечивать оптимизацию технологических решений, выбор рационального алгоритма работы основного оборудования очи-стного забоя. На

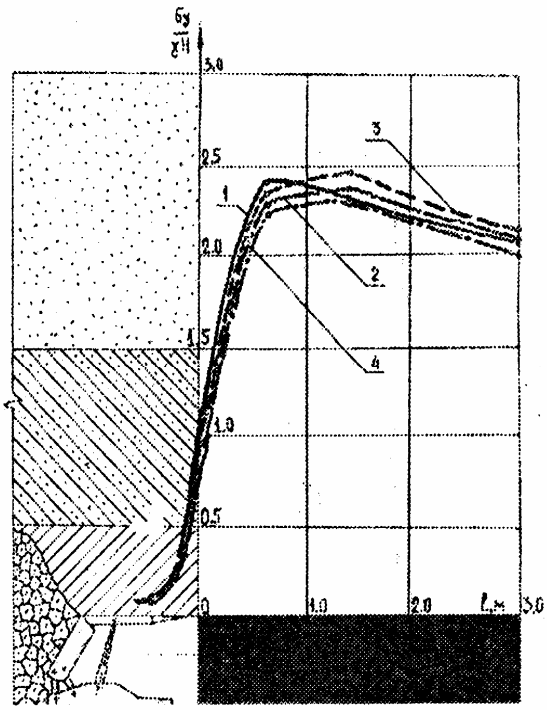

Рис. 1. Вертикальные напряжения в кровле комплексно-механизированного очистного забоя: 1 — при отсутствии технологических процессов; 2 — при выемке стружки; 3 — при передвижке крепи; 4 — при выемке стружки, передвижке и распоре секций крепи

рис. 3 предлагаются основные технологические решения, повышающие устойчивость угольного забоя и вмещающих пород при под-земной комплексно-механизирован-ной очистной выемке.

Некоторые из приведенных в блок-схеме решений подробно обоснованы ранее [3] и в данном случае будут рассмотрены кратко.

1. Выбор механизированного комплекса, соответствующего конкретным условиям

Открытость мирового рынка горной техники и технологии позволяет выбрать из компьютерной базы данных средства комплексной механизации, и в первую очередь механизированную крепь, соответствующие мировому уровню и конкретным горно-геологическим условиям по техническим факторам - мощности пласта, углу падения, характеристике вмещающих пород, возможным осадкам кровли, нагрузке на крепь, вдавливанию опорных элементов, длине лавы [4]. Блочная структура программы позволяет при необходимости вводить дополнительные факторы и условия, определяющие рациональность выбираемой техники.

Соответствующими условиям по техническим факторам, как правило, оказываются несколько типов и моделей крепей. Решение по выбору механизированной крепи из числа предварительно отобранных с использованием компьютерного моделирования по техническим факторам принимается с учетом фактического наличия крепей, возможного их получения, стоимости, трудоемкости доставки, монтажа и эксплуатации, а также, при необходимости, по минимуму деформаций пласта и пород по результатам моделирования характера силового взаимодействия каждой из крепей с массивом и оценки деформированного состояния угольного забоя и вмещающих пород.

2. Автоматизация технологических процессов в очистном забое

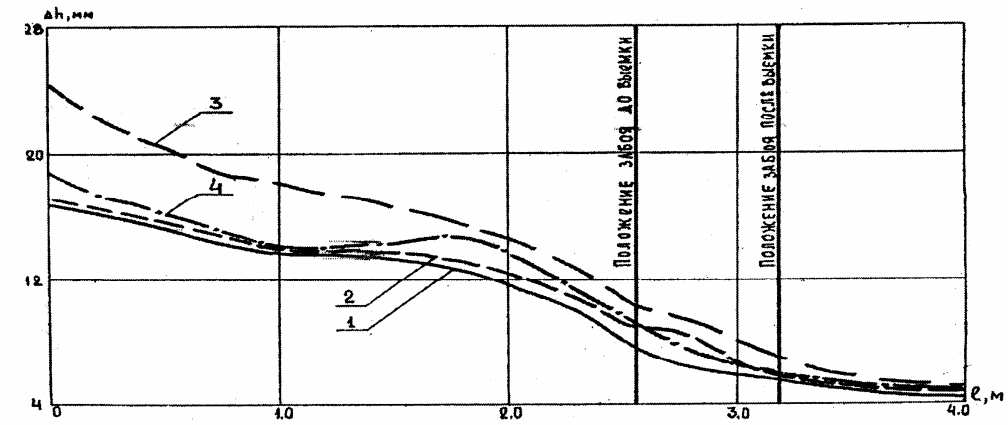

Рис. 2. Конвергенция пород в очистном забое без технологических процессов (1), при выемке стружки (2), при выемке стружки и разгрузке секций крепи (3), при выемке стружки, разгрузке, передвижке и распоре секций крепи (4)

Рис. 3. Основные решения, повышающие устойчивость пласта и пород

Применение систем автоматизированного управления технологическими процессами в очистных забоях получает в мировой практике широкое распространение и обеспечивает высокие технико-экономические результаты [5].

К основным достоинствам компьютерных систем автоматизации следует отнести: точность выполнения технологических процессов в лаве, повышение машинного времени, быстроту выполнения технологических процессов (скорость комбайна до 25 м/мин и цикл крепления 10 сек на секцию), высокий уровень безопасности работ.

Автоматизация процессов — существенный фактор снижения деформаций, повышения устойчивости пласта и пород. Сокращение продолжительности технологического цикла при использовании систем автоматизации в 2,5—4 раза может обеспечить уменьшение го-

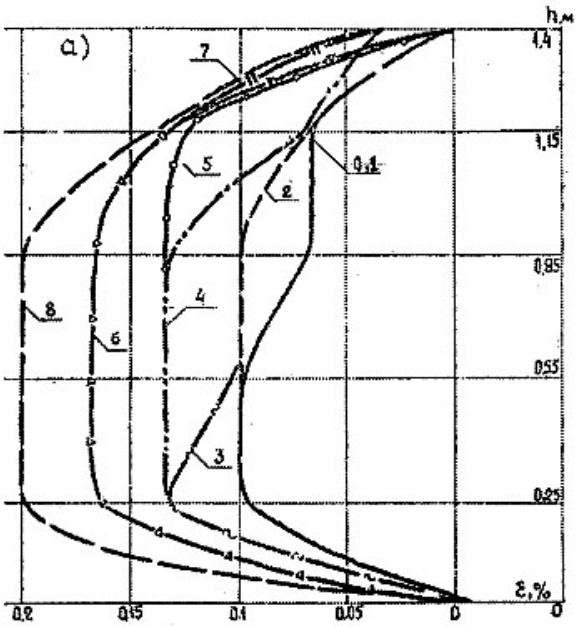

Рис. 4. Рассчитанные горизонтальные деформации угольного забоя за время, мин: ОД — 0 и 6; 2—12; 3—18; 4—24; 5 — 30; 6 — 36; 7 — 40; 8 — 48

ризонтальных деформаций угольного забоя в 2—3 раза (рис. 4).

3. Выбор рациональной формы забоя

Практика работы очистных забоев и выполненные исследования свидетельствуют о том, что форма и размеры элементов угольного забоя оказы-вают влияние на устойчивость пласта и пород. Для определения влияния формы и размеров краевой части пласта на его устойчивость проводились специальные расчеты для типичных лав с вертикальным и наклонным забоями, с уступами и щелью разной глубины. Определялись напряжения в кровле, перемещения и деформации забоя, опускания кровли, конвергенция вмещающих пород [3]. Расчеты показывают, что оптимизация формы угольного забоя может обеспечить уменьшение горизонтальных деформаций (отжима) пласта по сравнению с традиционным вертикальным забоем в 1,7—2 раза.

4. Совмещение в очистном забое технологических процессов

Проведенными исследованиями влияния технологических процессов установлено, что скорости смещения пород имеют максимальные значения в зонах выемки угля и передвижки секций механизированной крепи (рис. 5).

Выполнение процессов выемки стружки и передвижки секций крепи в одной зоне (сразу за шнеком) уменьшает деформации призабойной части кро-вли и пласта за счет сокращения продолжительности поддержания увеличенной консоли пород кровли.

5. Оптимизация начального распора и рабочего сопротивления механизированной крепи

В конкретных условиях существует оптимальный уровень первоначального распора крепей, уменьшение первоначального распора ниже этой величины приводит к значительному росту конвергенции пород в забое и снижению устойчивости пород (рис. 6).

Для крепи «Пиома» оптимальный уровень первоначального распора, по расчетным данным для заданных условий составляет 20,93 МПа, т.е. около 40 % рабочего сопротивления (кривые 16, 17). При уменьшении начального распора (кривая 15) конвергенция значительно возрастает. Увеличение начального распора свыше оптимального уровня (в данном случае кривая 18) не приводит к существенному снижению конвергенции пород и повышению устойчивости контура очистного забоя.

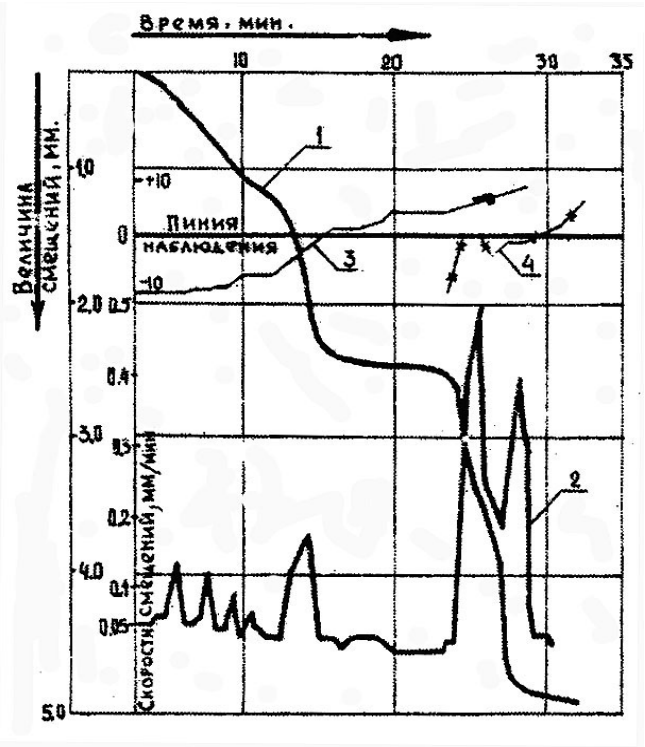

Рис. 5. Влияние технологических процессов — работы комбайна (3) и передвижки секций крепи (4) на величину смещений (1) и скорость смещений (2) вмещающих пород в комплексно-механизированном очистном забое

Исследования показывают, что в конкретных производственных условиях существенное значение также имеет обоснование рабочего сопротивления механизированной крепи, работающей в комплексе с другим оборудованием.

При отборе возможных к применению в заданном очистном забое механизированных крепей минимально необходимая несущая способность крепи Q определяется из условия поддержания секциями в режиме заданной нагрузки блока пород с зависающей консолью.

$$Q = \frac{4 g y_{cp} m_{max}}{l_{kr}} \times$$
$$\times \left(\sqrt{\frac{4000 \sigma_u m_{max}}{3 g y_{cp}}} + l_{kr} + r_i + r_{li} \right) кН/м^2,$$

где g — ускорение свободного падения g =9,80665; y_{cp} — средняя плотность пород кровли, $T/м^3$; m_{max} — максимальная мощность пласта в пределах поля, м; l_{kr} — длина поддерживающей части секции крепи, м; r_i — расстояние от козырька крепи до забоя, м; r_{li} — шаг захвата комбайна, м; σ_u — предел сопротивления пород кровли изгибу, МПа.

На завершающей стадии выбора по каждой из предварительно отоб-ранных крепей с использованием имеющиеся программ МКЭ определяется НДС массива, устойчивость контура очистного забоя при стандартной и принятой на основе моделирования технологии, выбирается лучшее техническое решение (лучшая крепь) и ее основные параметры по минимуму деформаций, обеспечению устойчивости пласта и вмещающих пород.

6. Выбор средств нейтрализации отжима угольного забоя

Современные механизированные крепи для мощных и средней мощности пластов оснащаются механизмами удержания забоя (МУЗ) различной конструкции, входящими, как правило, в непосредственный контакт с призабойной частью пласта. Эксплуатация механизированных комплексов выявила недостаточную эффективность и низкую работоспособность МУЗ. Шахтные замеры и расчеты сопротивления гидродомкратов МУЗ и деформации забоя во

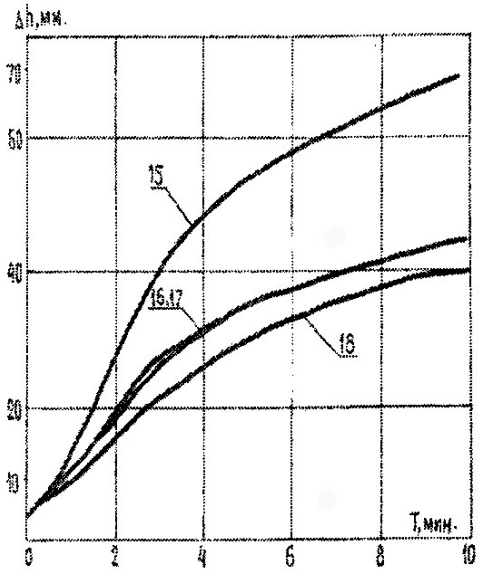

Рис. 6. Влияние начального распора крепи на конвергенцию пород в очистном забое с крепью «Пиома»: 15—18 — конвергенция пород при уровне начального распора соответственно 19,73; 20,93; 24,82 и 30,49 МПа.

времени показывают, что применение МУЗ приводит к появлению высоких сжимающих

напряжений в массиве в месте контакта щита МУЗ с забоем и увеличению в 2 и более раз растягивающих деформаций и отжима в верхней и нижней частях забоя. С течением времени сопротивление гидродомкратов и деформации массива увеличиваются. Отвод щита МУЗ от забоя для пропуска комбайна нередко вызывает отслоение и обрушение угля.

Уменьшение деформаций пласта и повышение безопасности может быть обеспечено применением средств нейтрализации отжима не прижимного, а ограждающего бесконтактного типа в сочетании с высоким бортом лавного конвейера со стороны ходовой части забоя.

7. Перекрытие крепью зоны предельных деформаций пород кровли.

Экспериментальными и аналитическими исследованиями установлено, что выемка стружки, образование нового контура забоя приводит к возникновению в призабойной зоне кровли и почвы дополнительных деформаций растяжения (рис. 7).

Максимальные деформации в кровле возникают между козырьками крепи и положением забоя до выемки стружки. В производственных условиях горизонтальные и вертикальные дополнительные деформации приводят к расслоению пород и образованию продольных трещин («заколов»).

Перекрытие зоны предельных деформаций может быть обеспечено при передвижке крепи на каждом цикле и расстоянии между козырьками крепи и забоем не более величины захвата ком-

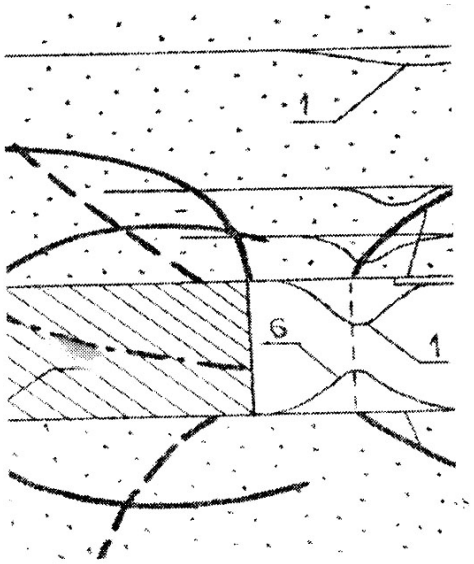

Рис. 7. Дополнительные деформации растяжения в пласте, породах кровли (1) и почвы 6) по расчетным данным

байна.

Приведенные технологические решения, выполненные расчеты и исследования показывают возможность выбора при планировании и проектировании очистных работ для конкретного забоя элементов технологии, основных параметров и алгоритма работы оборудования, в полной мере соответствующих горно-геологи-ческим условиям.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Брагин Е.П.* К вопросу об устойчивости угольного забоя и вмещающих пород при чистной выемке пласта. МГГУ, ГИАБ — № 3, 2004, с 103—106.
2. *Курленя М.В., Штеле В.И., Шалауров В.А.* Развитие технологии подземных горных работ. «Наука», Новосибирск, 1985.
3. *Брагин Е.П.* Обоснование и разработка технологических решений, обеспечивающих повышение устойчивости вмещающих пород и угольного забоя при очистной выемке. Автореферат дисс. на соиск. уч. степени д.т.н., Москва, 1988.
4. *Брагин Е.П.* Выбор механизированной крепи на персональном компьютере. МГГУ, ГИАБ — № 6, 2002, с. 180—182.
5. *Векслер Ю.А., Ройтер М., Куч Ш.* Перспективы автоматизационного управления процессами добычи угля. «Уголь», — №5, 2002.

ГИАБ

Коротко об авторах

Брагин Е.П. – доктор технических наук, профессор, чл.-корр. РАЕН, Московский государственный горный университет.

ДИССЕРТАЦИИ

ТЕКУЩАЯ ИНФОРМАЦИЯ О ЗАЩИТАХ ДИССЕРТАЦИЙ ПО ГОРНОМУ ДЕЛУ И СМЕЖНЫМ ВОПРОСАМ

Автор	Название работы	Специальность	Ученая степень
МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГОРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ			
СКОРОХОД Николай Алексеевич	Экономическое обоснование расширения производства продукции из керамического минерального сырья на действующих предприятиях	08.00.05	к.э.н.